

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-332934

(P2002-332934A)

(43) 公開日 平成14年11月22日 (2002. 11. 22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード [*] (参考)
F 0 2 M 61/18	3 3 0	F 0 2 M 61/18	3 3 0 Z 3 G 0 6 6
	3 5 0		3 3 0 B
	3 6 0		3 5 0 A
			3 6 0 J

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-140460 (P2001-140460)

(22) 出願日 平成13年 5 月 10 日 (2001. 5. 10)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

(71) 出願人 000003218

株式会社豊田自動織機

愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地

(72) 発明者 長江 正浩

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外 2 名)

最終頁に続く

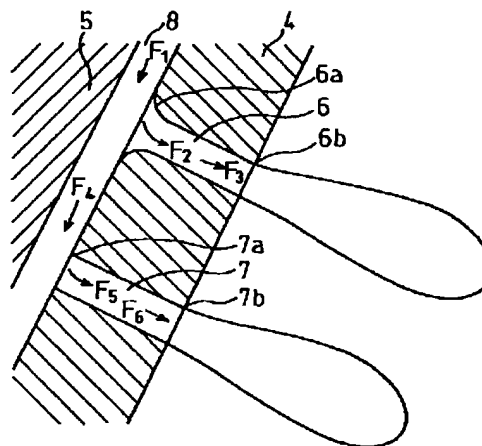
(54) 【発明の名称】 燃料噴射弁

(57) 【要約】

【課題】 機関低負荷時において機関を早期に始動しかつ機関高負荷時において高出力を実現する燃料噴射弁を提供する。

【解決手段】 第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路とで構成される燃料噴射通路群が配置されている弁本体と、弁本体内に摺動可能に配置された弁体と、弁本体と弁体との間に形成された燃料通路とを備えた内燃機関の燃料噴射弁において、機関低負荷時に第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から燃料を互いに独立に噴射し、機関高負荷時に第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から燃料を合流させるように噴射する。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路とで構成される燃料噴射通路群が配置されている弁本体と、前記弁本体内に摺動可能に配置された弁体と、前記弁本体と前記弁体との間に形成された燃料通路とを備えた内燃機関の燃料噴射弁において、機関低負荷時に前記第一燃料噴射通路と前記第二燃料噴射通路から燃料を互いに独立に噴射し、機関高負荷時に前記第一燃料噴射通路と前記第二燃料噴射通路から燃料を合流させるように噴射することを特徴とする燃料噴射 10 弁。

【請求項2】 前記第二燃料噴射通路は、前記第一燃料噴射通路よりも前記燃料通路の下流側に配置され、かつ機関高負荷時に前記第二燃料噴射通路の入口近傍の前記第一燃料噴射通路側においてキャビテーションが発生するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の燃料噴射弁。

【請求項3】 前記第一燃料噴射通路は、前記第一燃料噴射通路の入口から出口に向けて狭くなるテーパ状であり、前記第二燃料噴射通路は、前記第二燃料噴射通路の入口から出口に向けて広がるテーパ状であることを特徴とする請求項2に記載の燃料噴射弁。 20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は内燃機関の燃料噴射弁に関する。

【0002】

【従来の技術】直接噴射式の内燃機関の運転では、機関低負荷時には、機関を早期に始動するために噴射後に早く燃料を燃焼させるように燃料を微粒化して噴射 30 することが必要であり、また、機関高負荷時には、高出力を実現するために、燃焼室内の比較的多くの空気を利用して多量の燃料を燃焼させるように燃料に強い貫徹力を持たせて燃料を噴射することが望ましいとされている。

【0003】このような要求を満たすため、例えば特開平7-167016号公報には多数の微小噴孔を備えた燃料噴射弁が開示されている。この燃料噴射弁を用いた内燃機関の運転では、噴孔の寸法が小さいため機関低負荷時には燃料を微粒状に噴射することができ、また、機 40 関高負荷時には燃料に強い貫徹力を持たせるように燃料を高圧で噴射している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが噴射される燃料の粒径が小さいほど貫徹力が小さいため、燃料を高圧で噴射しても燃料の貫徹力を向上させるには限界があり、機関高負荷時に出力を十分に高めることができないという問題があった。

【0005】それゆえ、本発明の目的は、機関低負荷時に 50 において機関を早期に始動しかつ機関高負荷時に

高出力を実現する燃料噴射弁を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明による請求項1に記載の燃料噴射弁は、第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路とで構成される燃料噴射通路群が配置されている弁本体と、弁本体内に摺動可能に配置された弁体と、弁本体と弁体との間に形成された燃料通路とを備えた内燃機関の燃料噴射弁において、機関低負荷時に第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から燃料を互いに独立に噴射し、機関高負荷時に第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から燃料を合流させるように噴射することを特徴とする。

【0007】また、本発明による請求項2に記載の燃料噴射弁は、請求項1に記載の燃料噴射弁において、第二燃料噴射通路は、第一燃料噴射通路よりも燃料通路の下流側に配置され、かつ機関高負荷時に第二燃料噴射通路の入口近傍の第一燃料噴射通路側においてキャビテーションが発生するように構成されていることを特徴とする。

【0008】また、本発明による請求項3に記載の燃料噴射弁は、請求項2に記載の燃料噴射弁において、第一燃料噴射通路は、第一燃料噴射通路の入口から出口に向けて狭くなるテーパ状であり、第二燃料噴射通路は、第二燃料噴射通路の入口から出口に向けて広がるテーパ状であることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第一実施例について添付図面を参照して説明する。図1は本発明の燃料噴射弁を備えた内燃機関の気筒内の概略縦断面図であり、1は気筒上部から直接的に燃料を噴射するための燃料噴射弁、2はピストン、3はピストン2の上面に形成された凹状の燃焼室をそれぞれ示している。燃料噴射弁1は燃焼室3のほぼ中心上部に略垂直に配置されている。燃料噴射弁1は主に弁体5と弁本体4で構成されている。また、燃料噴射弁1は、弁体5が燃料噴射弁1の軸線方向にリフトされる時に燃料を噴射する内開弁である。

【0010】最初に燃料噴射弁1について説明する。図2は本発明の燃料噴射弁の部分断面図である。4は略円錐状の内面を有する弁本体、5は略円錐状の外面を有する弁体、6は弁本体4に設けられた小さな断面を有する第一燃料噴射通路、7は第一燃料噴射通路6よりも燃料通路8の下流側に設けられた小さな断面を有する第二燃料噴射通路、8は弁本体4の略円錐状内面と弁体5の略円錐状外面の間に形成された燃料通路、9は第一燃料噴射通路6よりも上流の弁本体4に設けられた弁体5が着座するシート部をそれぞれ示している。燃料噴射弁1には、第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7で構成される複数の燃料噴射通路群が弁1の周方向に略等間隔に配置されている。燃料噴射弁1の弁体5は、弁体5が弁本体4のシート部9に着座して蓄圧室（図示せず）と燃

料通路8を遮断することにより燃料を噴射しない閉弁位置と、弁体5が弁本体4のシート部9から離間して蓄圧室と燃料通路8を連通させて第一燃料噴射通路6又は第二燃料噴射通路7から燃料を噴射する開弁位置との間で燃料噴射弁1の長手軸線方向上下に弁本体4に関して摺動可能であり、この弁体5の移動を制御することにより燃料の噴射が制御される。

【0011】ところで、内燃機関の運転は、機関低負荷時には早期に始動し、機関高負荷時には高出力を実現することが要求されている。すなわち、燃料噴射弁から機関低負荷時には微粒状の燃料を噴射し、機関高負荷時には燃焼室内の多くの空気を利用して多量の燃料を燃焼させるために燃料を強く噴射することが好ましい。そのため、従来の燃料噴射弁には、互いに適当に離間した断面の小さな燃料噴射通路が形成されている。このような燃料噴射弁で噴射することにより、機関低負荷時には微粒状の燃料噴霧を別の燃料噴霧と適当に離間して分布させることができ、燃料を早期に噴射することができる。ところが、機関高負荷時には、燃料を高圧で噴射しても微粒状の燃料は貫徹力が小さいため、燃料を十分遠くに噴射することができないという問題があった。このような問題を解決するために、本発明では、以下に説明する方法によって、機関高負荷時において第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7から燃料噴霧を合流させて遠くに噴射している。

【0012】次に第一燃料噴射通路6について説明する。図2は、機関低負荷時の本発明の第一実施例の燃料噴射弁の部分断面図であり、図3は、機関高負荷時の本発明の第一実施例の燃料噴射弁の部分断面図である。図2及び図3に示すように、弁本体4には、燃料通路8に関して傾斜してほぼ円筒状の第一燃料噴射通路6が延びている。第一燃料噴射通路6の入口6aの角部には例えば約0.1mmの曲率半径の丸みが付けられており、燃料通路8から第一燃料噴射通路6に流入する燃料はこの入口6aに沿って滑らかに流入するので、燃料の流速に関わらず、燃料の流れは、第一燃料噴射通路6の軸線方向に整えられ、燃料が出口6bからほぼ第一燃料噴射通路6の軸線方向に噴射される。

【0013】次に第二燃料噴射通路7について説明する。図2及び図3に示すように、弁本体4には、第一燃料噴射通路6の下流側にはほぼ円筒状の第二燃料噴射通路7が、第一燃料噴射通路6とほぼ平行に燃料通路8に関して傾斜して延びている。この第二燃料噴射通路7の入口7aの角部にはほとんど丸みが付けられておらず、入口7aでは燃料の流路が急激に変化している。そのため、入口7aを通る燃料は、燃料の流速が低い機関低負荷時には、比較的滑らかに流入するが、燃料の流速が高い機関高負荷時には、燃料通路8方向の速度成分を持った燃料流れは、第二燃料噴射通路7の入口7a近傍では剥離する、すなわち第一燃料噴射通路6に近い領域に

おいて気体からなるキャビテーションが発生して第一燃料噴射通路6から遠い領域のみから流入する。第二燃料噴射通路7に流入した燃料は、第一燃料噴射通路6側に分布領域を広げながら進行する、すなわち、燃料は第一燃料噴射通路6に向けて進行する。したがって、機関高負荷時には、第二燃料噴射通路7から噴射された噴霧は、第一燃料噴射通路6からほぼ同時に噴射された噴霧に合流し、単独で噴射された噴霧の貫徹力よりも大きな貫徹力を有する噴霧を形成することとなる。このように、第一燃料噴射通路6から噴射する噴霧に近接しすぎないことが望まれる機関低負荷時にはほぼ第二燃料噴射通路7の軸線方向に燃料を第二燃料噴射通路7から噴射し、第一燃料噴射通路6から噴射する噴霧と合流させることが望まれる機関高負荷時には第一燃料噴射通路6に向う速度成分を持たせて燃料を第二燃料噴射通路7から噴射することができる。

【0014】以上に説明した第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7の間の距離、各燃料噴射通路6、7の断面寸法、通路6、7の長さ及び向きは、機関低負荷時に第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7から噴射された噴霧が近接しすぎず、かつ機関高負荷時に第二燃料噴射通路7から噴射される噴霧が第一燃料噴射通路6と合流することが可能であるという条件を満たすように定められる。

【0015】次に機関低負荷時の本発明の燃料噴射弁の作用について説明する。機関低負荷時には、図2に示すように、比較的少量の燃料を燃焼させるために蓄圧室で比較的小さな圧力で保持されていた燃料は、比較的小さな流速で燃料通路8に沿って流れる（F1で示される）。第一燃料噴射通路6の入口6a近傍を通る燃料は、入口6aの角部にガイドされて滑らかに第一燃料噴射通路6に流入し（F2）、第一燃料噴射通路6内を進行する燃料の流れは第一燃料噴射通路6の軸線方向に整えられ（F3）、出口6bから第一燃料噴射通路6の軸線方向に噴射される。一方、第一燃料噴射通路6に入らない燃料は、燃料通路8に沿ってさらに下流に流れ（F4）、入口7aから第二燃料噴射通路7に流入する（F5）。第二燃料噴射通路7を進行する燃料の流れは第二燃料噴射通路7の軸線方向に整えられ（F6）、出口7bから第二燃料噴射通路7の軸線方向に噴射される。すなわち、第一燃料噴射通路6、第二燃料噴射通路7それぞれから噴射される燃料は各燃料噴射通路6、7の軸線方向に進行し、他の燃料噴射通路から噴射された燃料噴霧に対して適度に離間させることができる。こうして、機関低負荷時には微粒状の燃料を早期に燃焼させることができ、機関の早期始動性を実現することができる。

【0016】次に機関高負荷時の本発明の燃料噴射弁の作用について説明する。機関高負荷時には、図3に示すように、比較的少量の燃料を燃焼させるために蓄圧室で比較的大きな圧力で保持されていた燃料は、燃料通

路8に沿って比較的に大きな流速で流れる(F1'で示される)。第一燃料噴射通路6の入口6a近傍を通る燃料は、入口6aの角部にガイドされて滑らかに第一燃料噴射通路6に流入し(F2')、第一燃料噴射通路6内を進行する燃料の流れは第一燃料噴射通路6の軸線方向に整えられ(F3')、出口6bから第一燃料噴射通路6の軸線方向に比較的に大きな流速で噴射される。一方、第一燃料噴射通路6に入らない燃料は、燃料通路8に沿って流れ(F4')、第二燃料噴射通路7の入口7aに流入する(F5')。流速が比較的に大きな燃料流れは、急激に変化している入口7a近傍で剥離する。すなわち、第二燃料噴射通路7の入口7a近傍の第一燃料噴射通路6側でキャビテーション10が発生し、入口7a近傍の第一燃料噴射通路6から遠い領域のみから流入する燃料は、第一燃料噴射通路6側に分布領域を広げながら進行するため、第二燃料噴射通路7の出口7bからは第一燃料噴射通路6に向けて比較的に大きな流速で噴射される(F6')。

【0017】このように第二燃料噴射通路7から噴射された噴霧は、図3に示すように、第二燃料噴射通路7の軸線方向に対して第一燃料噴射通路6側に傾斜した方向に移動し、11で示される位置で第一燃料噴射通路6から噴射された噴霧と合流する。このように二つの噴霧が合流する時に二つの噴霧相互に吸引作用が作用するため、合流時に噴霧が拡散することなく二つの異なる噴霧の流れ方向が一つの方に整えられて一つの大きな噴霧に成長する。この大きな噴霧は貫徹力が増大し、より速くに噴射されることとなる。このように燃料を噴射することにより、燃焼室内の比較的に多くの空気を利用して多量の燃料を燃焼させることができるため、機関高負荷時に高出力を実現することができる。以上のように、本発明の燃料噴射弁を用いて機関低負荷時の早期始動性と機関高負荷時の高出力を実現することができる。

【0018】次に第二実施例について説明する。図4は機関低負荷時の本発明の第二実施例の燃料噴射弁の部分断面図であり、図5は機関高負荷時の本発明の第二実施例の燃料噴射弁の部分断面図である。第一燃料噴射通路6は、図4に示すように、本実施例では入口6aから出口6bに向けて狭くなるテーパ状である。このテーパ状の傾斜は、例えば、第一燃料噴射通路6の長手軸線に関して約3〜5°が好適である。このように燃料通路8から第一燃料噴射通路6への流路の変化が緩やかとなっているので、燃料通路8から第一燃料噴射通路6に流入する時に燃料がさらに滑らかに流入することが可能となる(F2''; F2''')。それにより、第一燃料噴射通路6内を流れる燃料の流れがより良好に整えられるため(F3''; F3''')、燃料が大きな貫徹力を持って噴射されることとなる。このように第一燃料噴射通路6の燃料がより良好に整えられるので、機関低負荷時には、燃料がさらに速く噴射されて燃料がさらに早く燃

焼することにより早期始動性が向上し、機関高負荷時には、燃料がより速くに噴射されてより多くの空気を利用して燃料を燃焼させることができ、出力をさらに高めることができる。

【0019】また、第二燃料噴射通路7は、図4に示すように、本実施例では、入口7aから出口7bに向けて広くなるテーパ状である。このテーパ状の傾斜は、例えば、第二燃料噴射通路7の長手軸線に関して約3〜5°が好適である。このように、燃料通路8から第二燃料噴射通路7の流路が急激に変化しており、燃料の流速が低い機関低負荷時には、比較的に滑らかに流入し、ほぼ第二燃料噴射通路7の軸線方向に燃料が噴射されるが(F4''~F6'')、燃料の流速が高い機関高負荷時に第二燃料噴射通路7の入口7a近傍では、第一燃料噴射通路6側に第一実施例よりも大きなキャビテーション12が発生する。そのため、第二燃料噴射通路7内を進行する燃料は、第一燃料噴射通路6方向の大きな速度成分を持って出口7bから噴射され、第二燃料噴射通路7が第一燃料噴射通路6と第一実施例よりも弁本体4に近い位置13で合流し、合流噴霧がより大きな貫徹力を持つ(F4'''~F6''')。

【0020】次に本発明の第三実施例について説明する。前述の第一及び第二実施例では、機関低負荷時ににおいて、第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7の両方から燃料を噴射しているが、本実施例では、機関低負荷時には第一燃料噴射通路6のみから燃料を噴射するように構成されている。図6は本発明の第三実施例の燃料噴射弁を示す図である。図6に示すように、弁体5は、弁体胴体部5aと、弁体胴体部5aの下側に形成された円錐状の弁体傾斜部5bと、円柱状部分を有する弁体傾斜部5bの下側に形成された弁体ガイド部5cとで主に構成されている。また、弁本体4の内面には、弁体傾斜部5bが着座するように弁体傾斜部5bの傾斜とほぼ同じ傾斜で傾斜している弁本体傾斜部4aが形成され、弁本体傾斜部4aの下側には、弁体ガイド部5cを収納するように、弁体ガイド部の円柱部の外径とほぼ同じ寸法の内面を有する燃料溜め4bが形成されている。断面の小さな第一燃料噴射通路6が弁本体傾斜部4aから弁本体4外面まで延び、第一燃料噴射通路6と同一平面上に第一燃料噴射通路6側に傾斜している第二燃料噴射通路7が燃料溜め4bから弁本体4外面まで延びている。このような構成により、第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7から同時に燃料が噴射された時には第一燃料噴射通路6から噴射された噴霧と第二燃料噴射通路7から噴射された噴霧が合流し、大きな噴霧を形成し、速くに噴射されることとなる。弁本体傾斜部4aには、弁体傾斜部5bが着座するシート部が第一燃料噴射通路6の上側に形成されている。

【0021】以上のような構成により、閉弁時には、弁体5が弁本体4のシート部に着座し、第一燃料噴射通路

7

6及び第二燃料噴射通路7を燃料通路8から遮断している。また、機関低負荷時には、弁体ガイド部5cが燃料溜め4bの中で保持されている程度に弁体5がリフトされ、第一燃料噴射通路6のみが燃料通路8と連通し、第一燃料噴射通路6のみから微粒状の燃料が噴射される。こうして、機関低負荷時には、微粒状の燃料を早期に燃焼させることができ、機関の早期始動性を実現させることができる。また、機関高負荷時には、弁体ガイド部5cが燃料溜め4bから離間する程度に弁体5がリフトされ、第一燃料噴射通路6と第二燃料噴射通路7の両方から燃料が比較的に高压で噴射され、第一燃料噴射通路6から噴射された噴霧と第二燃料噴射通路7から噴射された噴霧が合流し、大きな噴霧を形成し、遠くに噴射される。こうして、機関高負荷時には、燃焼室内の比較的に多くの燃料を利用して多量の燃料を燃焼させることができ、高出力を実現することができる。

【0022】

【発明の効果】本発明による内燃機関の燃料噴射弁は、第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路とで構成される燃料噴射通路群が配置されている弁本体と、弁本体に摺動可能に配置された弁体と、弁本体と弁体との間に形成された燃料通路とを備えた内燃機関の燃料噴射弁において、機関低負荷時に第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から燃料を互いに独立に噴射し、機関高負荷時に第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から燃料を合流させるように噴射する。それにより、機関低負荷時には、第一燃料噴射通路と第二燃料噴射通路から微粒状の燃料を互

8

いに近接させずに噴射し、微粒状の燃料を比較的に広範囲に分布させることにより、燃料を早期に燃焼させ、機関を早期に始動することができ、機関高負荷時には、第一燃料噴射通路から噴射された燃料と第二燃料噴射通路から噴射された燃料が合流した噴霧は、大きな貫徹力を持たせることにより、燃焼室内の多くの空気を利用して燃焼させる、すなわち高出力を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の燃料噴射弁を備えた内燃機関の気筒内の概略縦断面図である。

【図2】機関低負荷時の本発明の第一実施例の燃料噴射弁の部分断面図である。

【図3】機関高負荷時の本発明の第一実施例の燃料噴射弁の部分断面図である。

【図4】機関低負荷時の本発明の第二実施例の燃料噴射弁の部分断面図である。

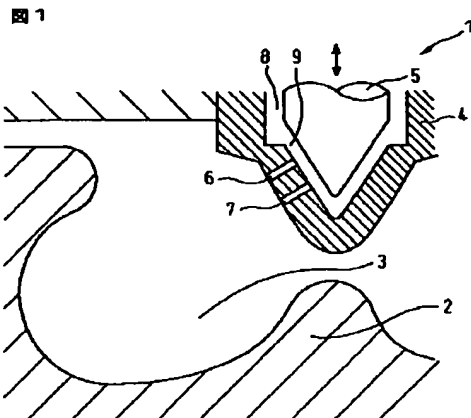
【図5】機関高負荷時の本発明の第二実施例の燃料噴射弁の部分断面図である。

【図6】本発明の第三実施例の燃料噴射弁の概略縦断面図である。

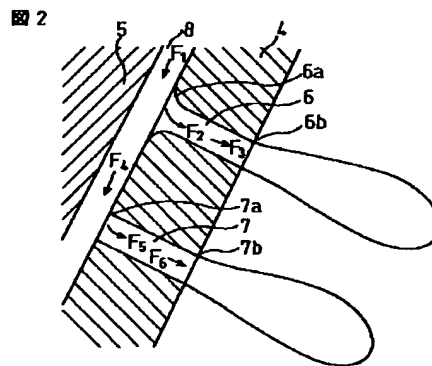
【符号の説明】

- 1…燃料噴射弁
- 4…弁本体
- 5…弁体
- 6…第一燃料噴射通路
- 7…第二燃料噴射通路
- 8…燃料通路

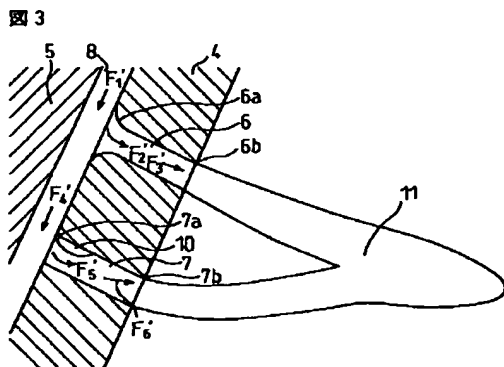
【図1】



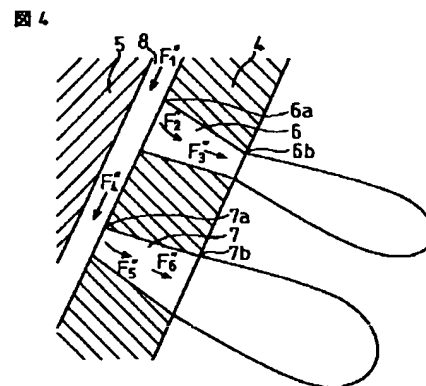
【図2】



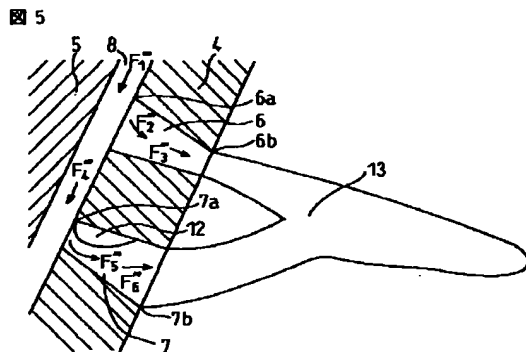
【図3】



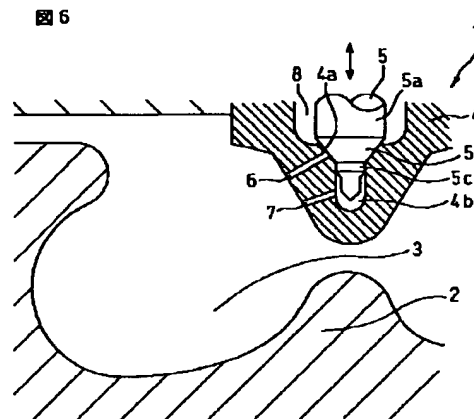
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 長谷川 亮
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 大木 久
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 柳原 弘道
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 森 泰一
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 板橋 秀
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 蛭江 正直
愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機製作所内

Fターム(参考) 3G066 AA07 AB02 AD12 BA04 BA14
BA16 CC06T CC14 CC21
CC26 CC48 CE13 DB08 DB09

PAT-NO: JP02002332934A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002332934 A
TITLE: FUEL INJECTION VALVE
PUBN-DATE: November 22, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NAGAE, MASAHIRO	N/A
HASEGAWA, AKIRA	N/A
OKI, HISASHI	N/A
YANAGIHARA, HIROMICHI	N/A
MORI, TAIICHI	N/A
ITABASHI, HIDE	N/A
KOIE, MASANAO	N/A

INT-CL (IPC): F02M061/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel injection valve which starts an engine early at a low load of the engine and realizes high output at a high load of the engine.

SOLUTION: In a fuel injection valve of an internal combustion engine provided with a valve body in which a fuel injection passage group constituted by a first fuel injection passage and a second fuel injection passage is arranged, a valve element slidably arranged in the valve body and a fuel passage formed between the valve body and the valve element, a fuel is respectively injected from the first fuel injection passage and the second fuel injection passage at a low load of the engine, while the fuel is merged and injected from the first fuel injection passage and the second fuel injection

passage at a high load of the engine.

COPYRIGHT: (C) 2003, JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

SOLUTION: In a fuel injection valve of an internal combustion engine provided with a valve body in which a fuel injection passage group constituted by a first fuel injection passage and a second fuel injection passage is arranged, a valve element slidably arranged in the valve body and a fuel passage formed between the valve body and the valve element, a fuel is respectively injected from the first fuel injection passage and the second fuel injection passage at a low load of the engine, while the fuel is merged and injected from the first fuel injection passage and the second fuel injection passage at a high load of the engine.